

特許情報を用いた自動運転に関する重要技術の時系列分析

赤 岡 広 周
中 岡 伊 織
朴 唯 新

目 次

1. 序論
2. 従来の自動車開発と、自動運転自動車の開発について
3. 本研究の焦点
4. 分析方法
 - 4.1 特許情報データベースについて
 - 4.2 HITS アルゴリズムについて
5. カーナビゲーションシステムの開発事例との比較
6. 自動運転に関する分析結果
 - 6.1 特許出願件数の推移
 - 6.2 各業界別ヒートマップ
 - 6.3 自動運転レベルによる技術開発領域の分類
 - 6.4 上位 30 社の業界別比率の推移
7. カーナビゲーションシステムに関する分析結果との比較
8. おわりに

1. 序論

自動運転自動車の時代に向け、自動車の技術開発の領域も変化しつつある。すなわち、従来と同様、自動車自体の技術開発が求められることに加え、自動車の自動運転化は従来型の自動車の IoT (Internet of Things) 化であることも意味する。このため、自動運転の時代においてもなお、国際競争力を有する自動車の開発を継続するためには、自動運転制御用の AI (Artificial Intelligence, 人工知能) などのソフトウェアと、カメラセンサーなどのハードウェアの技術開発が新たな要素として求められる。これまで日本は、自動車開発において世界トップクラスの技術力を誇ってきたが、自動運転自動車への移行の時期にあって、日本の技術的地位はいかなるものであるか、本研究にて考察する。

2. 従来の自動車開発と、自動運転自動車の開発について

自動運転は、自動車の開発の歴史における重要なターニングポイントになる可能性があると考えられる。これまで、自動車の技術的向上は、主に自動車完成品メーカー、部品サプライヤ、あるいはそ

これらの協働により主導されてきた。高品質・高性能な自動車の開発は、自動車技術およびその周辺技術の結果であったといえることができる。

しかしながら、自動運転車の実現には、自動車技術、その周辺技術にとどまらず、幅広い異分野技術の融合が要求される。第1に、自動的に目的地へ向かうためには、出発時に目的地を車両側に入力し、自動的に経路選定が行われなければならない。従って、最新の地図データ、GPS (Global Positioning System, 全地球測位システム) といったカーナビゲーションシステム関連技術が求められる。第2に、出発後は道路上の障害物、周囲の状況などを検知しなければならない。そのためにカメラ、センサーなどの技術開発が求められる。第3に、カメラ、センサーによって検知された障害物や周囲の状況が、三角コーンなどの静止物体なのか、歩行者、車両など動作可能性のあるものなのか、判定を行わなければならない。そのためには画像処理等を行う半導体技術が求められる。第3に、確度の高い「予測」の能力を備えたAIの開発が求められる。例えば自動車を運転して広い交差点を右折しようとする場合、ドライバーは、対向車線を向かってくる対向車の位置と速度、交差点出口にある横断歩道内の状況、横断歩道の近くにいる歩行者や自転車の動きやそぶり、信号のタイミングなどに注意を払いながら「行ける」「まだ行けない」などの判断を行っている。その判断の背景には、自身のこれまでの運転経験（とりわけ右折経験）が参考情報となっているであろう。「車は急に止まれない」から、人間のドライバーの場合、日頃、自動車の運転に際しては自車の周囲および自車に接近する歩行者、車両などの次の動きを予測しながら運転を行っている。道路状況は流動的なものであるから、全く同じ道路状況というものは通常二度と訪れることない。従って自動車の運転は、ある意味でドライバーにとって常に初見の状況下であるといっても過言ではない。そのためドライバーは、運転経験を重ねることで様々な状況を経験し、その際自身が行った対処を経験として蓄積する。以後ハンドルを握る際には、「自身が過去に経験した類似の状況とその際の対処方法」をヒントにしながら今現在の状況を判断し、どのような対処を行うことが適切であるか、予測しながら運転を続けることになる。従って、運転経験の豊富なドライバーほど、日々の道路状況により適切な予測・適切な対処ができるようになる。反対に運転経験の浅いドライバーは、運転のヒントとして活用できる情報の蓄積も少ないため、不適切な予測・不適切な対処に陥ってしまう危険性が高まるのである。自動運転においては、経験豊富なドライバーに匹敵する予測・対処能力をAIが備えなければならない。そのために、さらなるAIの進化が求められる。第4に、通信技術の進化が求められる。例えば自動運転自動車がルートを選定して目的地に至る道中に、通行止めや渋滞が生じた場合、その情報をいち早くキャッチして代替ルートを選定することが求められるからである。また、例えば狭隘路で対向車と鉢合わせとなった場合、人間のドライバーであれば、ドライバー同士のジェスチャー等により「譲る」などのコミュニケーションを行うことがある。そのため、自動運転自動車同士の車間通信も求められると考えられるからである。

以上のように完全自動運転自動車の自動運転には障害物を検知するセンサー、センサーの情報をもとに演算を行う半導体技術やAIなどの組み込みが欠かせない。これらの技術には、自動運転車専

用のものではない、汎用技術も含まれる。高品質・高性能な自動車の開発は、自動車技術およびその周辺技術を有する企業の独壇場であった時代から、自動車に限らない汎用センサー、半導体、AIなどの優れたICT技術を有する新規参入企業（例えば、Tesla や Google, Apple 等）もキープレイヤーとして並び立つ時代へ入ったといえる。

昨今まで自動車産業は、日本が国際競争力を有してきた産業分野である。しかし、自動運転自動車への世代交代に関連して技術開発のポイントが変容しつつある現在、IT、半導体業界などによる技術開発の重要度が増す一方で自動車メーカーの地位が相対的に低下し、日本の自動車産業の国際競争力の低下、ひいては自動車関連産業を含め日本産業界の国際競争力の目減りが取り沙汰されている。現時点での日本企業の競争力はいかなる状況であるか、分析を行う意義があろう。

この動きには類似の先例がある。例えば、パソコン（Personal Computer）市場である。この市場の場合、かつてはPC/AT互換機といったデファクトスタンダードが確立されておらず、その頃には各社から多様な技術・規格を用いて多様な製品が発売されていた。この時代には、例えばNECが自社規格のパソコンで大きなシェアを占めるなど、日本企業も自身の技術力を存分に発揮し、パソコン市場においてメジャーな地位を確立していた。しかしながら、PC/AT規格がオープンアーキテクチャの性質をもって登場し、PC/AT互換パソコン本体、およびそれを構成するための構成パーツとも世界中の各社から多々発売されるようになると、パソコンはモジュラー化し、組み立ては容易となった。このため、技術力で劣るメーカーの参入障壁も低くなり、必ずしも技術力の高いメーカーが競争優位を得るとは限らない状況となった。これによって、PC/AT互換機以前、市場において支配的地位を有していた日本企業は市場競争力を低下させることとなった。同様の事例はアナログ家電からデジタル家電への世代交代、あるいはスマートフォン市場等でも見受けられる。アナログ家電時代は、たとえばアナログテレビなど、構成パーツの組み立てにおいてパーツ間のバランスやチューニングなど、組み立てメーカーの技術力を要求されるインテグラル要素が多々含まれていた。しかしながらデジタルテレビでは、部品間の関係性はモジュラーの側面が強くなり、必ずしも組み立てメーカーに高い技術力が不可欠ではなくなった。これにより、アナログテレビの時代その高い技術力によって競争優位を確立していた日本企業のアドバンテージは低下することとなった。

自動運転自動車は、自動車のデジタル化、IoT化という側面を有する。その点において、アナログ家電からデジタル家電への世代交代と共通する要素がある。しかしながら、テレビ等とは異なり、自動運転自動車は従来の自動車としての性能が維持されたうえで、自動制御の要素が追加されるという捉え方も可能である。なぜなら自動運転自動車も、乗り心地や剛性といった従来から自動車に要求されている性能は、依然として求められるからである。そして、こういった点での性能は、サスペンション、ブレーキ、ボディなどのバランス等、インテグラル型の開発・製造によって実現されるものであり、メーカーの技術力の高低に左右される。自動運転自動車への世代交代によって、自動制御機能の部分についてはモジュラー型のユニットに委ねられるかもしれないが、その自動制御によって実際に制御されるのは自動車旧来のサスペンション、ブレーキといった1台1台の機構

の部分である。これらの機構を据え付けるボディも含め、メーカーがインテグラル型の開発・製造を行い続ける場面は依然として残り、そこではメーカーごとの独自の技術力が重要である。日本の自動車メーカーは、自動運転自動車の時代への世代交代後も、技術的なアドバンテージを維持し続けることができると考えることも可能である。その点で、パソコンやテレビの際とは状況が異なると考えることもできる。

従来、日本の ICT (Information and Communication Technology) 企業は高い国際競争力を維持してきたが、1990 年代以降、海外勢が掌握する分野が目立つようになった。国内各社では経営改革として人員削減や事業再編などの対応をすすめてきたが、持続的な競争優位の確立には至っていない状況である。その背景としては様々な指摘がなされている。第 1 に、日本の ICT 企業が行ってきた高品質の追求が必ずしもニーズと合致しないようになり、独自の深化に陥るなど、Christensen (2003) の指摘する「イノベーションのジレンマ」が生じた点が挙げられる。第 2 に、アナログ機器のデジタル化のなかで、製品技術面でもすり合わせ型の技術からモジュラー型技術へとの遷移が起り、そのなかで従来日本企業が得意としてきたすり合わせ型技術のアドバンテージの有効性が低減した点も指摘される (藤本・大鹿, 2006)。高いすり合わせ型技術から高付加価値を生み出してきた日本企業は、デジタル化に伴うモジュラー型製品への移行によって製品低価格化のあおりを受け、従来どおりの競争優位を維持することはできなくなったという点も、あわせて指摘されよう (延岡・伊藤・森田, 2005)。従来型の自動車は、これまで日本企業が得意としてきたすり合わせ型技術が大きく威力を発揮する製品分野であるが、IT 機器は、これとは異なるモジュラー型製品となる。自動運転自動車は、自動車の IoT 化である。従って従来型自動車の開発・製造のための技術力が依然として要求されるうえで、その制御系は IT 機器としての側面をもつことになる。これらの異なる特性を有する技術を融合した形となる自動運転自動車の時代を迎えるにあたって、今後の日本企業の競争力はいかなるものであるか、本研究ではこのように市場構造が変わりつつある自動車産業に着目し、その変化の背景を明らかにするため、その技術開発の動向について分析する。

3. 本研究の焦点

技術開発は、各社の戦略を反映したものである。各社は、戦略に基づいて新技術の開発を行ったのち、自社が生み出した新技術を公的に保護するために、各国の特許所管庁等へ特許申請を行うことがある。従って、各社の技術開発を測定する手法として特許申請状況を用いる方策が考えられる。特許は、その技術開発の成果であり、Richard (1983) や Pavitt (1985) は、技術開発の動向を示す指標として、特許に着目する。自動運転自動車とは、自動車のデジタル化、IoT 化である。そのため、自動車メーカーが行う技術開発、自動車部品サプライヤによる技術開発、ICT に関わる技術開発の三方面の技術開発が、自動運転自動車の進化に寄与しうる。そして、自動車メーカー、自動車部品メーカー以外の企業において、必ずしも自動運転自動車専用としているわけではない汎用技術の開発に

についても、自動運転自動車の技術的進化に寄与しうるものとされる場合がある。そこで本研究では、技術開発の動向と、自動運転関連各社の技術開発能力を測定するために、第1に、自動運転にかかわる各社を自動車メーカー、部品サプライヤ、ICT業界に分類し、特許出願件数の推移を分析する。第2に、これら各社の出願特許の内容に着目し、どのような分野の特許がトレンドとなっているのかを時系列的に分析する。第3に、自動運転にかかわる技術のうち、重要技術は何であるかを明らかにするために、特許の引用情報から HITS アルゴリズムを用いて重要特許を抽出する。これを時系列的に行うことで、自動運転にかかわる技術開発のトレンドの推移を分析する。加えて、この重要特許は自動車メーカー、部品サプライヤ、ICT業界のいずれによるものであるかを明らかにすることで、自動運転分野の技術開発におけるキープレイヤーの遷移を考察する。

なお、赤岡・中岡（2017）は、自動車のカーナビゲーションシステムに関連する研究開発の動向について、本研究と同様に研究開発の動向を示す指標として特許情報データベースを用いた分析を行った。本研究の対象である自動運転は、経路設定等においてカーナビゲーションシステムと密接に連携する仕組みである。そして従来のカーナビゲーションシステムは、スマートフォンの普及とともに役割変化を経ている。たとえば、カーナビ専用機を購入する代わりに手持ちのスマートフォンのナビゲーション機能で代用するという利用形態が現れた。あるいはカーナビ専用機を据え付ける場合であっても、道路建設等で日々変化する最新の地図情報をメモリカードやDVD等によるアップデートによらず、カーナビゲーションシステム車載機に接続したスマートフォン経由で入手し、車載機をモニターとして出力するという方式が登場した。自動運転自体はかなり以前から研究が続けられてきたが、その後に登場したスマートフォンの普及を受け、自動運転システム自体もスマートフォン等の通信機能の活用が試みられるようになった¹⁾。いわば、スマートフォンの登場・普及はカーナビゲーションシステム等における変化を通じ、自動運転の技術開発のスキーム（規格等）にも影響を及ぼすものと考えられる。スマートフォンの分野において、日本勢はデファクトスタンダードを確立するには至ってはいない。スマートフォンに限らず様々な技術分野において、日本勢がデファクトスタンダードを確立できない例は他にも存在する。自動運転分野でも海外勢に主導権を抑えられることが懸念されている。その場合、日本の産業界の地位に影響が生じることが懸念される。そこで本研究では、これまでの研究課題で明らかとなったカーナビゲーションシステムの技術開発プロセスと対比しつつ、自動運転の技術開発プロセスに着目することとした。

1) スマートフォンとカーナビゲーション機器を接続する規格としては、AppleがCarplayを、GoogleがAndroid Autoをリリースしている。Carplay、Android Autoはスマートフォンとカーオーディオ機器、カーナビゲーション機器を接続する規格としてまずは製品化されたが、ナビゲーション機能やオーディオ機能のみならず、自動車の制御面へつながるロードマップも構想にある。windowsパソコンの普及プロセスにおいても見られた現象であるが、スマートフォンのデファクトスタンダードがApple、Googleの2者に集約されるのと軌を同じくして、周辺機器やソフトウェアの両規格への対応も進行してきた。スマートフォンの場合は、ネットサービスの両規格対応も進展したほか、オーディオ機器やカーナビゲーション機器など、本来別分野であった商品分野にも影響を及ぼしたといえる。

4. 分析方法

4.1 特許情報データベースについて

本研究では、日本企業の特許情報を対象とする。特許情報を収集するにあたり、特許庁の特許情報プラットフォームである J-PlatPat を使用した。J-PlatPat には、(1) 申請日、(2) 出願者、(3) 技術の分野別分類コード (IPC および F ターム、なお IPC とは国際特許分類 "International Patent Classification" の意)、(4) 説明文、(5) 要約などの情報が記載されている。J-PlatPat では、おおむね特許出願から 1 年半程度経過後に情報が公開され、検索・閲覧のオープン利用が可能である。従って、出願から公開までのタイムラグを考慮しながら、本研究では 1995 年から 2015 年に出願された特許を分析対象とする。

J-PlatPat では、多岐にわたる分野の特許情報が公開される。これらの特許情報は記号により種類別に分類される。分類は、第 1 に、国際特許分類 (IPC) が約 17 万種、第 2 に、日本の独自性に合わせ IPC を細分化した記号 (FI) が約 19 万種、第 3 に、日本独自の分類 (F ターム) 約 34 万種が規定されている。

IPC は、世界共通で適用可能な特許分類として定められたものである。IPC を用いることで、特許情報を世界各国から等しく検索することが可能となる。また、各技術の新規性や進歩などを評価することができる。一方 F タームは、特許情報として記載された内容について、たとえば技術の目的、用途、構造、材料、製法、処理操作方法、制御手段など、複数の技術的特徴に応じて、F タームリストに照らし合わせて付しているものである。F タームを用いることで、特許情報に関わる文献量が増大しつつある今日においても、先行特許等を素早く調べることが可能となっている。

本研究では、自動運転に関わる特許情報を分析対象とするため、特許庁が規定しているカーナビゲーションシステム特許の検索式を採用している。具体的な検索式は、下記のとおりである。なお B60W とは、IPC の定義によると「処理操作；運輸 車両一般 異なる種類または異なる機能の車両用サブユニットの関連制御；ハイブリッド車両に特に適した制御システム；特定の単一のサブユニットの制御に関するものではない、特定の目的のための道路走行用車両の運動制御システム」を示す特許である。

【 自動運転 or 無人運転 or 自動走行 (特許請求の範囲) and B60W 】

ところで、特許情報の分析方法は、定量、定性、相関の 3 種がある。第 1 に、定量分析は、特許情報の出願件数、発明者数、キーワード数などを数量的に把握する分析方法である。第 2 に、定性分析では、特許情報を技術内容に基づき分析する。第 3 に、相関分析では、複数の特許情報の関係性を分析する。本研究では、特許件数の時系列推移の分析を行うほか、ヒートマップにより技術開発の動向を可視化する。先述のとおり、自動車の技術開発には、自動車完成品メーカー、部品サブ

ライヤ、ICT 業界が携わる。これら各社の技術開発はどのようなものであったか、重要技術がどのように変遷したのかについて分析する。そのため、本研究では自動運転業界にかかわる企業を自動車完成品メーカー、部品サプライヤ、ICT 業界の 3 業界に分類する。これら各業界別にヒートマップを作成し、技術開発の動向を比較分析することができる。

4.2 HITS アルゴリズムについて

次に、各社の技術開発戦略を分析するため、HITS アルゴリズムにより特許情報における引用関係を明らかとする。HITS アルゴリズムとは、web 上のリンクの状況を解析することにより、適切な web ページを判定するものである。HITS アルゴリズムでは、Authority と Hub の 2 つの概念が用いられる。Authority とは、重要な情報を発信している web ページを指すものである。Hub は、Authority など、重要な web ページにリンクしているページを指すものである。Authority スコアの合計を Hub スコアといい、Hub スコアの合計を Authority スコアという。また、よい Authority はよい Hub にリンクされる特徴があり、よい Hub はよい Authority にリンクされるという特徴がある。このため、特許情報データベースと HITS アルゴリズムを用いることにより、技術開発における重要技術を判定することができる。技術開発に際しては既存の特許を引用することがある。J-PlatPat では引用関係が記載されており、引用関係を分析することにより、既存特許の重要度を知ることができる。被引用度の高い既存特許とは、その後の技術開発に大きな影響を与えている、あるいは後の技術開発のベースとされているなど、技術開発において質的に重要度の高い特許といえる (Hall, Jaffe, and Trajtenberg, 2005)。

5. カーナビゲーションシステムの開発事例との比較

赤岡・中岡 (2017) は、自動車のカーナビゲーションシステムの開発動向について、本研究と同様に特許情報データベースを用いた分析を行った。自動運転は、カーナビゲーションシステムと密接に連携する仕組みである。自動運転の開発動向と、カーナビゲーションシステムの開発動向には相違があるのかどうか比較を行った。

赤岡・中岡 (2017) では、第 1 に、カーナビゲーションシステムに関する各社の研究開発能力を測定するために、特許出願件数の推移を分析した。第 2 に、各社のカーナビゲーションシステムに関する研究開発の重点領域は何であるか分析するために、特許情報を分野別に集計した。第 3 に、カーナビゲーションシステム分野における研究開発分野で影響力を有する特許出願者を測定するために、特許情報の引用ネットワークを用い、多数存在する特許情報間の引用・被引用関係の状況を分析した。なお、上記の分析 1、分析 2、分析 3 ではカーナビゲーションシステムに関わる特許情報の分析を目的としているため、特許庁の規定に基づきカーナビゲーションシステム特許に関する検索式を採用した。なお、以上の分析結果は、「ICT 企業による特許群」と「自動車系企業による特許群」に分類

された。本研究は、赤岡・中岡（2017）とは異なり、自動運転に関する研究開発状況の分析を行う。先述のとおり、カーナビゲーションシステムは自動運転の重要な構成要素のひとつである。本研究で自動運転に関する研究開発の状況を導出することにより、カーナビゲーションシステムの研究開発状況と比較を行うことができる。

6. 自動運転に関する分析結果について

6.1 特許出願件数の推移

分析対象とする全期間通算における企業別特許出願件数の年次別推移を下記に示す。なお図1は日本特許、図2は英語特許である。

図1のとおり、日本特許は1990年代半ばに大きく増加しており、また、2015年頃に再度大きく増加している。また図2のとおり、英語特許は2005年頃から増加のペースが加速し、2010年代に入ると大幅増を続けている。2010年代半ばとは、半導体技術等の向上により自動運転を構成する諸技術の向上が進行した時期である。これと軌を同じくして、自動運転の技術開発が進行していることがわかる。

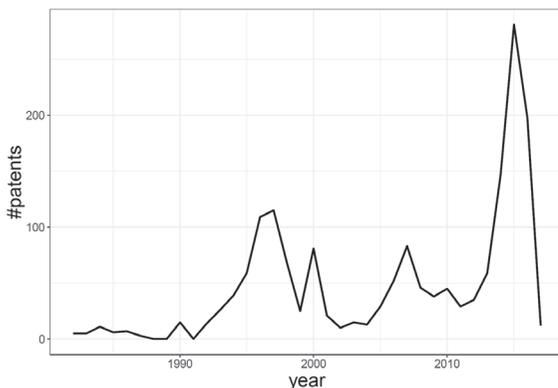


図1. 出願年ベースでの総特許件数の推移（日本特許）

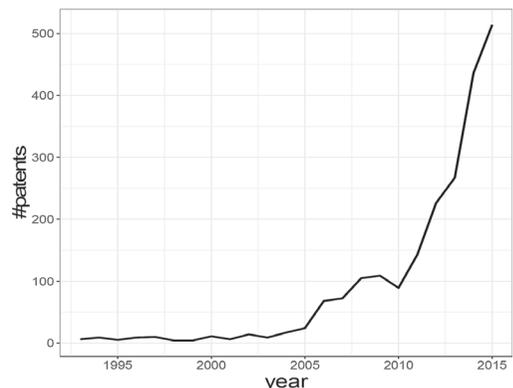


図2. 同（英語特許）

6.2 各業界別ヒートマップ

(1) 日本特許

図3は、自動車完成品メーカーの日本特許、図4は部品サプライヤ業界の日本特許、図5はICT業界の日本特許のヒートマップである。ヒートマップは、データの有意な大小を色覚的に表現し、よりわかりやすい可視化とすることを目的に、データの一覧表等をデータの大小の別に色の濃淡で表すものである。例えば温度の高温域・低温域を色覚的に表現するために、高温域は暖色系の色の濃淡により、低温域は寒色系の色の濃淡により表現するなどの活用が行われている。本分析では、

研究開発の程度の高低を、色の濃淡によりヒートマップにて表記することとした。図3, 4, 5において、それぞれの縦軸は、特許の分野に応じて附番されているFタームである。各年に出願された特許をFタームに応じて分類することにより、各年における特許出願の分野別の多寡を見ることができる。ある年において、あるFタームにかかる特許出願が多かった場合、それはすなわちその時期においてそのFタームにかかる分野の技術開発が活発であったということを示す。すなわち、その時期における技術開発の重点領域が示されていることになる。図3, 4, 5は、出願件数の多い項目ほど濃色で示されるヒートマップである。従って、各図中、濃色である項目ほど、その時期における技術開発の重点領域であったことを示している。

図3, 4, 5により、第1に1990年代から自動運転にかかる技術開発は堅調であったが、Fターム3D241「駆動装置の関連制御、車両の運動制御」に分類される特許の出願は、特に2000年以降顕著であることがわかる。また第2に、自動車完成品メーカーの技術開発は、部品サプライヤおよびICT業界の技術開発と比較して、幅広い分野にわたることが示される。また、部品サプライヤとICT業界の技術開発を比較すると、これら2者の重点領域は異なることがわかる。



図3. 日本特許における各業界別ヒートマップ（自動車完成品メーカー）

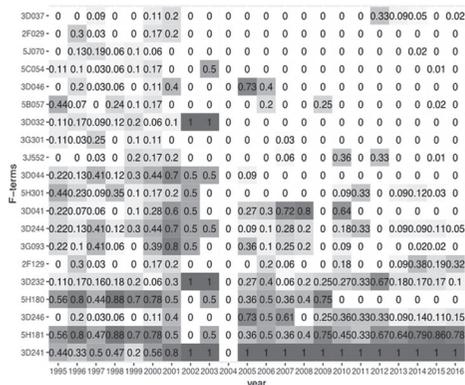


図 4. 同 (部品サプライヤ業界)

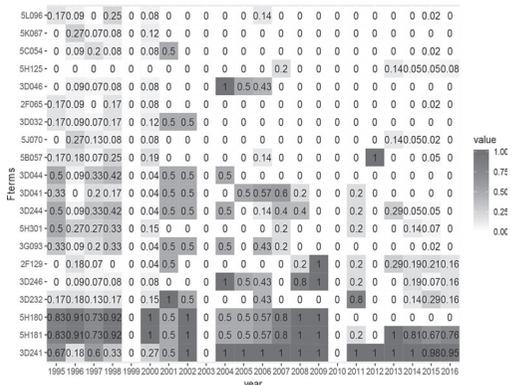


図 5. 同 (ICT 業界)

(2) 英語特許

図 6 は、自動車完成品メーカーの英語特許，図 7 は部品サプライヤ業界の英語特許，図 8 は ICT 業界の英語特許のヒートマップである。縦軸は、IPC である。先述の分析で使用した F タームは日本の特許分類であるため、本分析では IPC を用いた。なお、IPC も F タームと同様に、特許の分野に応じて附番されている。

本分析では、1990 年代には自動車完成品メーカーによる自動運転分野の技術開発が継続されていたものの、残る部品サプライヤおよび ICT 業界においては自動運転分野の技術開発がほぼ顕在化していないことが示されている。また、2000 年以降において部品サプライヤおよび ICT 業界における技術開発の領域は比較的広いことがわかる。

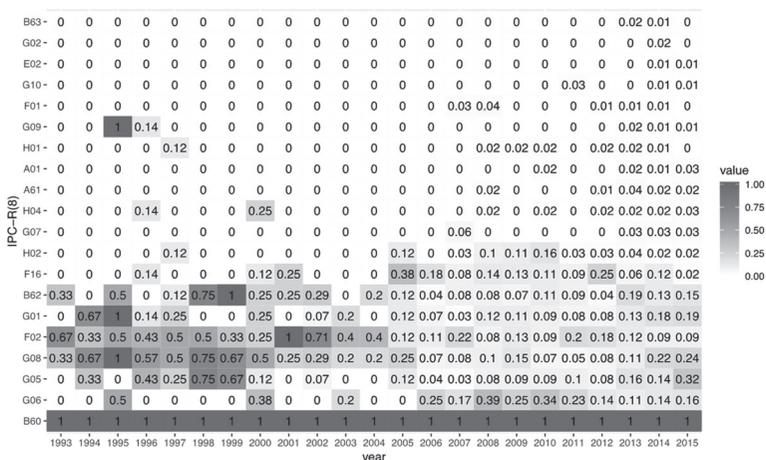


図 6. 英語特許における各業界別ヒートマップ (自動車完成品メーカー)

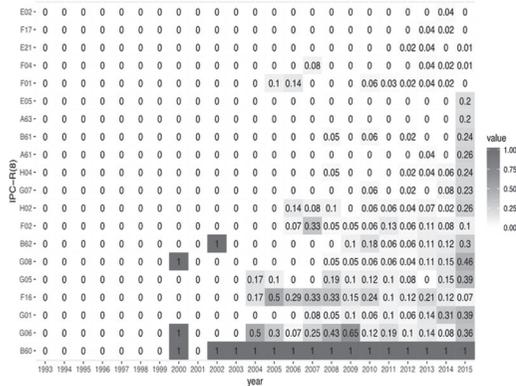


図 7. 同 (部品サプライヤ業界)

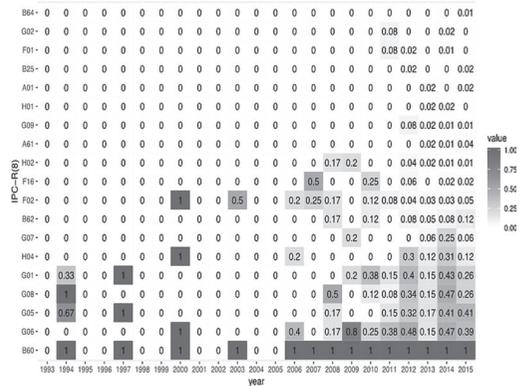


図 8. 同 (ICT 業界)

6.3 自動運転レベルによる技術開発領域の分類

自動運転は、部分的な自動化から完全自動化まで、複数の種類が存在する。種別分類には、米国自動車技術会 (Society of Automotive Engineers, SAE) によるレベル 1～5 の定義が用いられることが一般的であり、自動化の程度に応じてレベル 1 から 5 まで 5 分類が行われている。一般に技術開発は、時代が下がるにつれ進歩を重ね、技術的に新たなステージへのステップアップを繰り返すと考えられる。自動運転の開発も、本分析期間の 20 数年の間に、同様のステップアップを繰り返していると考えられる。そして、自動運転技術の場合、技術的ステップアップは、自動運転レベルの 1～5 によっても捉えることも可能であると考えられる。そこで本分析では、HITS アルゴリズムにより各年における重要技術の上位 30 件を抽出したうえで、それぞれの技術を自動運転レベル別に分類する。まず表 1 では、抽出した各年上位 30 件の特許情報のタイトルを示した。特許情報のタイトルは、通常その特許情報を要約して表現する形で付与される。従って各特許のタイトルは、その特許が自動運転レベル 1～5 のいずれをねらいとするものであるか示唆するものである。そこで、表 1 で定義された重要技術を、表 2 においては自動運転レベル 1～5 に応じて分類した。なお表 2 では、自動運転レベル 1 に関する技術を濃色、レベル 2 にまたがる技術を淡色、レベル 3 にまたがる技術を中間色としている。

ベル3にまたがる技術とは、具体的には高速道路での有料道路課金、IC合流装置に関する特許であった。2000年頃から、高速道路での自動運転が現実化の方向性へと至ったものと考えられる。「予測」は、安全な自動運転に不可欠なものであるが、本来コンピュータの苦手分野でもある。そのため技術開発が遅れてきた面は否めないが、自動運転の技術開発が進展するにつれ、いよいよ重要要素になってきたとみることができるだろう。加えて、「経路」「渋滞」など、先述の自動運転自動車が必要とする技術の技術開発の重要度が上昇していることが示された。

6.4 上位30社の業界別比率の推移

図9, 10では、期間中各年における重要特許上位30社のうち、自動車完成品メーカー、部品サプライヤ、ICT業界の比率を示した。図9は日本特許を、図10は英語特許を示す。たとえばある年において、重要特許上位30社のうち過半が自動車完成品メーカーであった場合、当該年においては自動車完成品メーカーが技術開発の中心的存在であったことを意味する。

本分析の結果、期間を通じて自動車完成品メーカーが中心的存在であったことがわかる。また、部品サプライヤ、ICT業界については1990年代以降比率が上昇していること、ICT業界については2000年台に入り比率が一旦下降したが、2015年頃から再度上昇傾向にあることがわかる。

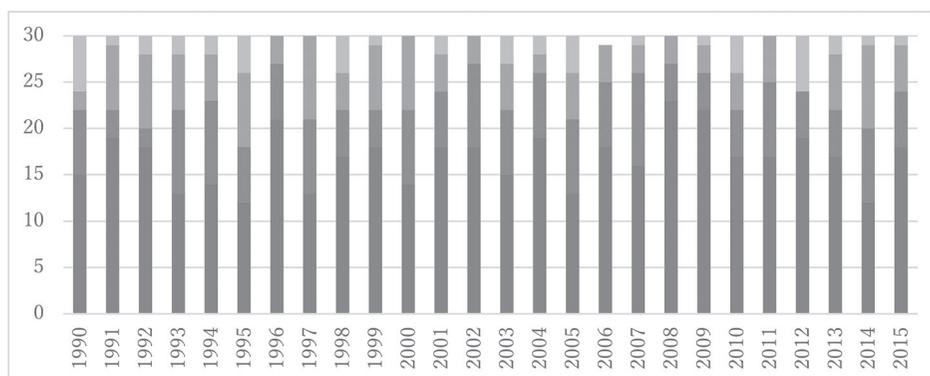


図9. 上位30社の業界別比率の推移（日本特許）

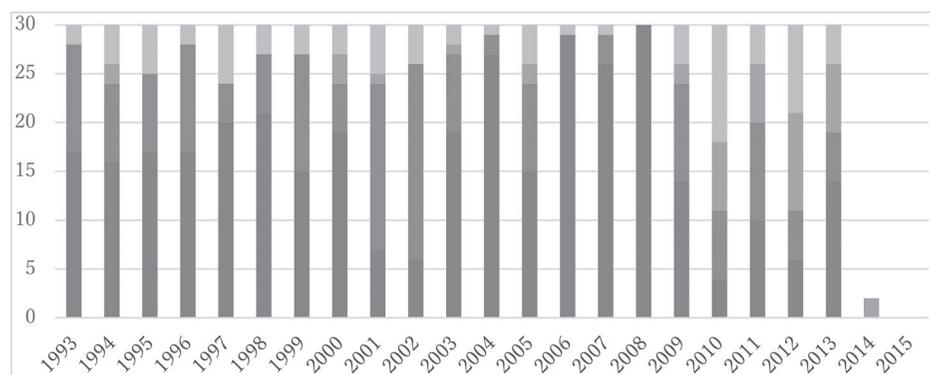


図10. 上位30社の業界別比率の推移（英語特許）

7. カーナビゲーションシステムに関する分析結果との比較

次に、本章では、赤岡・中岡（2017）による、カーナビゲーションシステムの研究開発動向についての分析結果と、自動運転に関する本研究結果の比較を行う。自動運転は、たとえばカーナビゲーションシステムを用いて経路設定等を行うなど、自動運転とカーナビゲーションシステムとは密接に連携する。

赤岡・中岡（2017）では、第1に、カーナビゲーションシステムに関する各社の研究開発能力を測定するために、特許出願件数の推移を分析した。なお、分析結果は、「ICT企業による特許群」と「自動車系企業による特許群」への分類を行っている。分析対象とする全期間通算における企業別特許公開件数は、まず「ICT企業による特許群」に関しては上位から順にパイオニア（890件）、パナソニック（775件）、ソニー（558件）であった。なお、この3社を含み特許公開件数上位6社から、対象期間中に「出願・公開された特許件数は、合計2,223件であった。次に、「自動車系企業による特許群」に関しては、上位から順にデンソー（671件）、アイシンエィダブリュ（556件）、トヨタ自動車（470件）であった。なお、この3社を含み特許公開件数上位6社から当該期間に出願・公開された特許件数は、合計1,697件であった。

第2に、各社のカーナビゲーションシステムに関する研究開発の重点領域は何であるか分析するために、特許情報を分野別に集計した。なお、この分析においてもFタームによる集計・分析を行っている。Fターム別にカーナビゲーションシステム関連特許を集計し、Fタームの出現頻度を分析しているため、対象期間中、各社がカーナビゲーションシステムに関してどのような分野の機能・技術に関わる研究開発を多く行ってきたか測定することが可能である。なお、ここでは先述の分析1で抽出されたICT系上位3社（ICT系企業群）としてパイオニア、パナソニック、ソニーの3社を分析対象としている。また、同様に自動車系上位3社（自動車系企業群）としてデンソー、アイシンエィダブリュ、トヨタ自動車の3社を分析対象とすることとした。

ところでFタームは、9ケタの英数字形式とされている。最初のケタから順番に大分類、次いで小分類という意味を示すことから、この分析では9ケタのうち上位2ケタのみを用いたうえで特許の分類を行うこととした。

分析の結果、対象期間全期間通算でのFタームの出現頻度に基づき特許分野別のランキングを行ったところ、ICT系企業群、自動車系企業群との間では両群ともに同様の傾向を示していた。具体的には、対象期間全期間を通算して最も出現頻度の高いFタームは、ICT系企業群、自動車系企業群ともに同じであり2F「計測」となった。出現頻度順に続いて以下、5H「イメージ処理」、5K「デジタル通信」5C「映像システム」5B「情報処理」2C「事務機器」5E「インタフェース」の順であった。

なお、当該期間におけるFターム出現頻度の年次別の変遷を分析したところ、下記の傾向が示された。第1に、分析期間中の前半期においては、ICT系企業群においては2F「計測」と5H「イメージ処理」の出現頻度が高い値を示していた。一方で、この2F、5Hの出現頻度は、2008年頃より急減

していることが明らかとなった。また第2に、2F, 5Hを含め、ICT系企業群においては幅広い分野の研究開発を行っていたことが示された。一方で、自動車系企業群においては、2Fと5Hに重点を置いた研究開発の傾向がみられていた。

第3に、カーナビゲーションシステム分野における研究開発分野で影響力を有する特許出願者を測定するために、特許情報の引用ネットワークを用い、多数存在する特許情報間の引用・被引用関係の状況を分析した。なお、本分析ではカーナビゲーション関連特許の引用・被引用関係について引用ネットワーク図を作成したのち、Webページの引用関係の分析に用いられるPageRank²⁾を用い、既存する特許を年次別にPageRankのスコア順に並べるという方式により、スコア上位30位までを抽出した。PageRankは、GoogleによるWebPageの重要度決定アルゴリズムである(Brin, S. and Page, L., 1998)。

分析の結果、第1に、2007年頃まではスコア上位30位は、ほぼ国内企業の保有特許で占められていたものの、2007年頃を境目として、海外企業の保有特許の被引用度が高まりつつあるという変化が生じていることが示された。これはカーナビゲーションシステム関連の研究開発において、国内企業の保有技術に代わって海外企業の保有する技術の重要度が高まりつつあることを示唆している。第2に、分析期間全期間を通じたPageRankスコアの上位ランキングに基づく、自動車系企業群によるカーナビゲーションシステムの研究開発は、その重要度の面では大きく劣らないことがわかる。先述のとおり、自動車系企業群によるカーナビゲーションシステムの研究開発は、Fタームの種類の面からみて技術分野の多様性が必ずしも高くはないことが示されていた。その一方で、自動車系企業群の保有技術の重要性が示された。特に近年においては、特許件数は少ないものの重要技術となる特許を取得していることが示された。

以上のように、赤岡・中岡(2017)で示された、特許分析からみたカーナビゲーションシステムに関する国内各社の研究開発能力と、自動運転に関する国内各社の研究開発能力の状況と推移については、異なる傾向が示されていた。自動運転は、たとえば経路設定等においてカーナビゲーションシステムと連携するなど、両者は密接な関係にあり、カーナビゲーションシステムは自動運転を構成する重要な一要素ではあるが、技術面での推移については異なる結果がみられることとなった。カーナビゲーションシステムは、1981年、日本で最初に開発されたシステムである。その後、日本

2) Googleの検索機能を用いて任意のキーワードを入力し、検索を実行した検索結果ページに列挙される様々なWebページ群は、Googleのアルゴリズムによりユーザーに対して閲覧を薦めるwebページの一覧といえる。Googleの検索結果の表示順序は、ユーザーに対して閲覧を薦める度合いであるとも解釈されるが、ただしその表示順序の決定アルゴリズムは、必ずしもPagerankのみによるものではなく、各ページの内容や関連性など、多様な指標を併用しているとされる。このため、Google検索結果の場合、Pagerankが高いほど検索結果上位にランクされるとは必ずしも限らない。しかし、多くの学術論文から引用されている論文と同様、多くのWebページからリンクされているWebページとは、リンク元となるwebページの作成者からみて閲覧をお薦めできる、すなわち重要度が高いという判断を受けたページであることを示している。従って、情報を求めるユーザーにとっても閲覧する価値が高いと考えられる。以上のように、Pagerankは引用・被引用関係を分析することにより情報の重要度を測定するアルゴリズムとして有用と考えられる。

の自動車関連業界と ICT 関連業界を中心に発達を遂げた。このような発展の経緯の違いが、結果の相違に影響の一端をなすものと推測される。

8. おわりに

自動運転の技術開発が自動車の技術開発のメインストリームとなった昨今、今後自動運転技術を制する社は、今後の自動車産業を制すると言っても過言ではない。しかし、自動運転の技術開発は、ICT 企業との連携が重要性を増すなど、これまでの自動車開発（自動車自体の信頼性、低燃費など）とは異質なステージで展開される。そのため、これまで日本の自動車メーカーが営々と築いてきた車づくりの技術向上とは別の展開が起きつつある。自動運転技術にどう対処するかという戦略決定と遂行は、日本の自動車メーカーにとって、喫緊の課題である。自動運転を構成する諸技術には、ビッグデータなど、現在海外勢が優勢となる領域も多く含まれている。情報関連産業でいえば、かつて、たとえばパソコンや携帯電話など、当初日本企業が優勢であった領域が、海外勢に提唱する規格・製品技術に駆逐されるという動きがこれまで様々な製品分野で生じてきたことがあった。

自動車は、インテグラル型製品の代表格の一つと考えられ、それは、PC/AT 互換パソコン、デジタルテレビなどを代表格とするモジュラー型製品とは対極的な性質をもつものとされている。すなわち、例えばモジュラー型製品の PC/AT 互換パソコンであれば、自動車完成品自体はマザーボード、CPU、メモリなどといった各種部品の組み合わせで構成されているのだが、このような各種部品は ATX などといった規格において電圧、動作メカニズム、物理的サイズなどが定められている。そしてマザーボード、CPU、メモリ、その他パーツ類は、多数のメーカーにおいて規格に沿って多様な製品が製造され、それは部品単位で一般販売されている。そして、規格に沿った部品同士であれば、様々な組み合わせを行っても部品間の特別な調整等をする必要なく、原則的には順調に動作するものとされている。これはモジュラー型製品の特徴であり、それゆえ、技術力に劣る企業であってもモジュラー型製品には比較的容易に参入・製造することが可能となっている。モジュラー型製品への参入を契機として、一気に国際競争力を向上させた企業も少数にとどまらない。このような特徴をもつモジュラー型製品に対し、自動車をはじめとするインテグラル型製品は、対極的な特徴を有している。自動車も、様々な部品から構成されるという点では先述のパソコンと同様である。しかしながら、例えばサスペンション、ミッション、エンジン、といった部品（それ自体、様々な部品から構成されているが）を任意に調達し、自由に組み合わせたところで順調な動作は期待できない。パソコンの場合と異なり、部品間のバランス、チューニングが重要だからである。自動車開発・製造における技術力の高低は、優れたサスペンション等を作れるか否かという点で表れるのみならず、部品間のバランス・チューニングの巧拙にも表れる。日本企業の機械製造では、自動車をはじめとして、例えばアナログテレビなどの開発・製造においてもみられるように部品間のバランス・チューニングの巧みさを誇る社は少なくなく、それが日本企業の競争力の源泉のひとつとなってきた。国

内自動車メーカーの場合は、「系列システム」と呼ばれる、部品製造を担当する系列企業等との密接な連携が、部品間のバランス・チューニングのレベル確保に寄与していたほか、部品レベルでの品質の高さを確保することにも貢献していた。これらのシステムが、日本車の高品質を支え、国内自動車メーカーの高い国際競争力の源泉となってきた。

しかし現在、自動運転などのCASE（Connected, Autonomous, Share & Service, Electric）に関連する技術革新は、自動車の開発の歴史における重要なターニングポイントになる可能性がある。日本の自動車メーカーにおいても、自ら自動運転に必要なAI等新技術の開発に乗り出したり、系列の再編あるいは系列を超えた自動車完成品メーカー、部品サプライヤの提携や協業など、自動運転の時代に向けこれまでとは異なる動きが活発化したり、その対応策を模索している。今後、これらの分野での世界的な動向の中での、技術開発状況への注目が求められよう。

本研究では、企業の研究開発の動向の特許情報データベースを用いて掌握している。通常、企業の研究開発の動向は、企業にとって企業秘密である。そのため調査が困難な領域とされてきた。そこで本研究では、特許情報データベースを用いることとした。企業が技術開発を行った際、新たに生み出された技術は権利保持等の観点から登録申請される。特許は誰でも閲覧可能なデータベースに掲載されるため、その際、本来企業内部の機密事項であるはずの技術情報が、一部公になることとなる。本研究課題の挑戦性は、第1に、特許情報データベースを用いるという手法により、通常研究の困難度の高い企業の技術開発を分析可能とした点にある。

次に、様々な技術分野において、日本勢がデファクトスタンダードを確立できない例がある。本分野でも海外勢に主導権を抑えられることが懸念されている。その場合、日本の産業界の地位に影響が生じることが考えられる。本研究では、規格標準化に向けた事象を現在進行形で捉え、時系列的な分析を行った。これは、本研究の意義の第2点目である。

なお本研究の限界として、次の2点が指摘される。第1に、特許被引用数は、特許申請からの年月によっても影響を受ける。前述のとおり、被引用件数の多い特許は、その特許の重要度が高いことを示唆している。しかし、新しい特許は、古い特許と比較して公開後の時間経過が少ない。そのため、新しい特許は重要度が高くとも被引用数の累積回数は限られる。一方で、古い特許は公開後長い時間が経過している。公開後現在までの間に引用された回数は時間とともに累積するため、新しい特許と比較して被引用数が高くなりやすい傾向がある。

第2に、本研究では、特許の個別具体的な内容を精査しているわけではない。そのため、特許の内容に着目した重要度の分析は行えていない。この点は本研究の限界であるとともに、今後の研究課題として特許個別の内容および、特許の方向性の検討を行う必要がある。

○参考文献

赤岡広周, 中岡伊織 (2017) 「コネクテッド・カーの研究開発—カーナビゲーションシステムとスマートフォンに着目して—」『実践経営』54, pp.29-35.

Arai, K (2003) 「特許情報分析とパテントマップ」『情報の科学と技術』53 (1), pp.16-21.

Christensen C. M. (2003) *The Innovator's Dilemma: The Revolutionary Book That Will Change the Way You Do Business*, HarperCollins.

藤本隆宏, 大鹿隆 (2006), 製品アーキテクチャ論と国際貿易論の実証分析, 経済産業研究所.

Hall, Bronwyn H., Adam Jaffe, and Manuel Trajtenberg. (2005), "Market value and patent citations," *RAND Journal of economics*, pp.16-38.

Nakaoka, I., Chen, Y., Park, Y., Akaoka, H., and Matsuno, S., (2020) "A Study on Ambidextrousness of R&D Organization on ICT Companies," 5pages.

延岡健太郎, 伊藤宗彦, 森田弘一 (2005), コモディティ化による価値獲得の失敗: デジタル家電の事例, 経済産業研究所.

大澤理恵, 中村裕子 (2015) 「書誌情報ネットワーク分析に基づく埋没知発見の研究—自動運転技術の緊急事態対策に関するケーススタディー」『情報処理学会研究報告』2015-ICS-180 (3), pp.1-6.

Pavitt, K. (1985). "Patent Statistics as Indicators of Innovative Activities: Possibilities and Problems," *Scientometrics*, 7 (1-2), pp.77-99.

Richard, S. (1983). "Patent Trends as Technological Forecasting Tool," *World Patent Information*, 5 (3), pp.137-143.

須田義大, 青木啓二 (2015) 「自動運転技術の開発動向と技術課題」『情報管理』57 (11), pp.810-811.

山内明 (2016), 『知財情報戦略 自動運転編』日経 BP 社.

本研究は JSPS 科研費 17K18571 の助成を受けたものです.

Time Series Analysis of Key Technologies Enabling Vehicles Using Patent Information

Hirochika AKAOKA

Iori NAKAOKA

Yousin PARK

ABSTRACT

This research focuses on firm's R&D activities in autonomous vehicles. Using patent information, we demonstrate R&D patterns of automobile manufacturers, parts suppliers and ICT companies. We find first, our patent map shows increasing R&D activities of autonomous vehicles along with development of AI technology recently. Second, HITS algorithm shows activities of autonomous vehicles development changes from Lv.0 through Lv.5. Third, since 2000, R&D activities of 3D241 in these industries are lively. Fourth, most of the top thirty companies of automotive driving patent ranking are automotive manufacturers. Fifth, R&D activities in automotive suppliers and ICT companies are lively since late 1990s. Finally, R&D activities in ICT companies once have declined, lately R&D activities in ICT companies are lively.

